



Manufaktur Klem U Batang Baja, Panjang 15 cm, M10 untuk Pipa 1,5", Kapasitas 5 Unit/Jam

Abdillah Yusuf Kafabihi¹, Syamsul Hadi^{2*}, Mohammad Rizal Abimanyu³, Muhammad Yusuf Alfarizi⁴, Revi Igo Agustian⁵

^{1,3,4,5}Program Studi Diploma IV, Teknik Mesin Produksi dan Perawatan, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Malang, Indonesia

²Program Studi Doktor Terapan Optimasi Desain Mekanik, Politeknik Negeri Malang, Indonesia

E-mail: aykafabihi@gmail.com, syamsul.hadi@polinema.ac.id, rizalnewemail01@gmail.com,
yusufalfarizi20@gmail.com, reviigo2@gmail.com

*Penulis Korespondensi: syampol2003@yahoo.com

Abstract. *The weak strength of the U-bar clamp material for the piping system grip is a problem faced. The manufacturing objective is to obtain a U-bar clamp from ASTM A36 steel, 15 cm long for a 1.5" pipe support with M10 bolt threads. The manufacturing method includes: design of a 15 cm long U-bar clamp for a 1.5" pipe with M10 bolt threads, selection of ASTM A36 steel material, cutting 10 mm diameter steel steel to 15 cm long, making M10 bolt threads at both ends for 20 mm, bending the steel U-bar clamp with a distance between the axes of 48 mm, making a clamp plate measuring 75x24x2 mm in length with 2 holes of 11 mm in diameter, coating the U-clamp and clamp plate by immersing it in molten Zinc at 500oC for 1 minute, installing 2 M10 nuts, and checking the quality and dimensions. The manufacturing results are in the form of ASTM A36 steel bar U-clamps, 15 cm long for 1.5" pipes with M10 bolt threads 20 mm long, total production costs of IDR 11,000/unit, and a process duration of 12 minutes/unit which implies that the steel bar U-clamps are strong enough to support water-filled pipes with an installation distance of every 1 m and are rust-resistant with galvanizing.*

Keywords: ASTM A36 steel; M10 bolt thread; piping system; steel bar bending; U-bar clamp.

Abstrak. Tidak kuatnya bahan klem batang U untuk pegangan sistem perpipaan sebagai permasalahan yang dihadapi. Tujuan manufaktur untuk memperoleh klem batang U dari baja-ASTM A36, panjang 15 cm untuk pengangga pipa 1,5" dengan ulir baut M10. Metode manufaktur meliputi: desain klem batang U sepanjang 15 cm untuk pipa 1,5" dengan ulir baut M10, pemilihan bahan dari baja-ASTM A36, pemotongan baja diameter 10 mm sepanjang 15 cm, pembuatan ulir baut M10 pada kedua ujungnya sepanjang 20 mm, pembengkokan klem U batang baja berjarak antar sumbu 48 mm, pembuatan pelat penjepit berukuran panjang 75x24x2 mm dengan 2 buah lubang berdiameter 11 mm, pelapisan Seng pada Klem U dan pelat penjepit dengan pencelupan ke dalam Seng cair pada 500°C selama 1 menit, pemasangan 2 buah mur M10, dan pemeriksaan mutu dan dimensi. Hasil manufaktur berupa klem U batang baja-ASTM A36, panjang 15 cm untuk pipa 1,5" dengan ulir baut M10 sepanjang 20 mm, total biaya produksi Rp 11.000,-/unit, dan durasi proses 12 menit/unit yang berimplikasi bahwa klem U batang baja cukup kuat untuk penyangga pipa berisi air dengan jarak pemasangan tiap 1 m dan tahan karat dengan galvanis.

Kata Kunci: Baja ASTM A36; Klem Batang U; Pembengkokan Batang Baja; Sistem Perpipaan; Ulir Baut M10.

1. LATAR BELAKANG

Klem U batang baja atau *U-bolt* merupakan satu di antara komponen pengikat yang banyak digunakan pada sistem perpipaan, rangka, kendaraan, maupun konstruksi sederhana. Bentuknya yang menyerupai huruf U membuat komponen tersebut mampu menjepit pipa atau batang silinder dengan cukup stabil menggunakan bantuan mur pada kedua ujung ulirnya. Dalam pemakaian di bengkel maupun industri kecil, klem U batang baja sering dipilih karena bentuknya sederhana, mudah dipasang, mudah dilepas, dan dapat dibuat dengan peralatan manufaktur yang tidak terlalu kompleks (Gideon & Betesda, 2025; Kurniawan et al., 2025) .

Pembuatan klem U batang baja tidak hanya membutuhkan bentuk yang sesuai, tetapi juga memerlukan ketelitian dimensi, kesesuaian ulir, dan kekuatan bahan yang memadai. Kesalahan pada panjang batang, radius lengkung, kesimetrisan kaki, atau mutu ulir dapat menyebabkan klem sulit dipasang dan kurang mampu menjepit pipa dengan baik. Oleh karenanya, proses manufaktur perlu didesain secara berurutan mulai dari pemotongan bahan, pembengkokan, pembuatan ulir, *finishing*, hingga inspeksi akhir agar produk yang dihasilkan sesuai dengan kebutuhan pemakaian .

Zhao et al. (2023) menjelaskan bahwa sambungan baut banyak digunakan pada berbagai struktur mekanis dan memiliki peran penting dalam menjaga komponen tetap terikat. Pada klem U, prinsip tersebut diterapkan melalui ulir dan mur yang berfungsi menghasilkan gaya jepit agar pipa tetap berada pada posisi yang didesain. Karena klem U berfungsi sebagai komponen pengikat melalui mekanisme ulir dan mur, sehingga memperkuat urgensi untuk menjaga mutu sambungan berulir dalam perancangannya .

Penelitian lain oleh Chun et al., (2024) juga menunjukkan bahwa klem U batang baja memiliki peran penting pada sistem penyangga pipa di bidang perkapalan dan *offshore*, terutama karena komponen tersebut menerima beban dari pipa dan meneruskannya ke struktur penyangga. Penggunaan klem U batang baja tidak hanya terbatas pada sistem perpipaan, tetapi juga dapat ditemukan pada konstruksi sederhana yang memerlukan komponen pengikat berbentuk penjepit. Hadi et al. (2023) menggunakan klem U sebagai bagian dari desain pagar berduri fleksibel dengan pipa galvanis dan pondasi beton, sehingga menunjukkan bahwa klem U batang baja dapat diterapkan pada pekerjaan konstruksi skala lapangan maupun bengkel (Zulfikar et al., 2025).

Selain aspek fungsi, kapasitas sambungan klem U batang baja juga menjadi perhatian dalam desain. Liu & Phares, (2019) menyatakan bahwa kapasitas beban sambungan klem U batang baja sering kali belum diketahui secara pasti karena penggunaannya di lapangan dapat berbeda dari data pabrikan. Penelitian tersebut juga menunjukkan bahwa pengujian laboratorium dan pemodelan numerik dapat digunakan untuk memahami perilaku dan kapasitas sambungan klem U batang baja pada berbagai arah pembebanan. Hal tersebut menunjukkan bahwa proses pembuatan dan mutu hasil manufaktur klem U batang baja perlu diperhatikan agar produk memiliki bentuk dan kekuatan yang dapat diandalkan. Pada bidang kendaraan, klem U batang baja juga digunakan sebagai komponen pengikat yang menerima beban kerja berulang. Patil et al. (2019) menjelaskan bahwa klem U pada sistem kendaraan berfungsi memberikan gaya jepit pada sambungan, terutama pada sistem suspensi yang menerima beban dinamis.

Arjunan dan Murugan (2025) menjelaskan bahwa *bolt loosening* dapat terjadi akibat penurunan *preload* yang disebabkan oleh getaran, beban siklik, atau perubahan temperatur. Kondisi tersebut dapat menurunkan gaya jepit dan meningkatkan risiko kegagalan sambungan. Penyebab umum kegagalan sambungan baut, terutama akibat penurunan *preload*, getaran, dan beban siklik, berkaitan dengan fungsi klem U batang baja yang mengandalkan gaya jepit dari kekencangan mur dan kondisi ulir. Oleh karenanya, dasar teori mengenai pentingnya menjaga gaya jepit agar sambungan tidak mudah mengalami kegagalan.

Bahan yang digunakan pada manufaktur adalah baja ASTM A36 yang termasuk baja karbon rendah yang banyak digunakan dalam pekerjaan konstruksi dan manufaktur karena mudah dibentuk, mudah dilas, dan memiliki sifat mekanik yang cukup baik untuk komponen struktural ringan. Faza & Faridzi (2024) menyatakan bahwa baja ASTM A36 memiliki ketahanan yang baik terhadap beban tarik dan beban lentur, sehingga sesuai digunakan pada komponen yang mengalami proses pembentukan. Pada laporan Liu & Phares (2019), baja A36 juga digunakan sebagai bahan klem U batang baja dalam pengujian laboratorium dengan kekuatan luluh (*yield strength*) 36 ksi atau 248 MPa dan kekuatan tarik (*ultimate strength*) 65 ksi atau 448 MPa, sehingga bahan tersebut relevan untuk aplikasi klem U batang baja.

Kegagalan pada baut atau komponen pengikat dapat terjadi bila tegangan kerja melebihi kemampuan bahan. Hendri et al. (2024) menemukan bahwa kegagalan baut pengikat dapat terjadi akibat tegangan yang melebihi kekuatan luluh bahan, sehingga menyebabkan deformasi plastis dan patah ulet.

Satu di antara tahapan utama dalam pembuatan klem U batang baja adalah pembengkokan. Proses tersebut bertujuan membentuk batang baja lurus menjadi bentuk U sesuai diameter pipa yang akan dijepit. Rachman et al. (2022) menjelaskan bahwa mutu hasil pembengkokan dipengaruhi oleh jenis bahan, teknik pengukuran, pengaturan alat, dan ketelitian penggunaan alat ukur. Pada pembengkokan juga dapat terjadi *spring back*, yaitu kecenderungan bahan kembali sebagian ke bentuk awal setelah gaya pembentukan dilepas. Nur et al. (2019) menyatakan bahwa *spring back* dipengaruhi oleh parameter proses untuk sudut punch, radius punch, dan ketebalan bahan. Oleh karenanya, pembengkokan pada klem U batang baja perlu dikendalikan agar radius lengkung, lebar bukaan, dan kesimetrisan kaki tetap sesuai desain.

Selain pembengkokan, pembuatan ulir M10 pada kedua ujung klem U batang baja juga berpengaruh terhadap fungsi produk. Ulir berfungsi sebagai pengikat dengan mur, sehingga klem dapat memberikan gaya jepit pada pipa. Jika ulir tidak sesuai, mur akan sulit dipasang atau gaya penjepitan menjadi tidak optimal. Dalam sambungan berulir, gaya pengencangan dan

kontak antarulir dapat memengaruhi kekuatan dan keandalan sambungan. Saber & Chouikhi (2023;) menjelaskan bahwa hubungan antara torsi pengencangan, gaya jepit, dan gesekan pada ulir merupakan aspek penting dalam sambungan baut karena dapat memengaruhi keselamatan sambungan. Temuan tersebut menunjukkan bahwa pemeriksaan dimensi, mutu permukaan, dan kesesuaian proses produksi menjadi bagian penting dalam pembuatan klem U batang baja. Berdasarkan uraian tersebut, manufaktur difokuskan pada pembuatan klem U batang baja berbahan baja ASTM A36 dengan panjang 15 cm, ulir M10, untuk pipa 1,5", dan target kapasitas produksi 5 unit/jam. Penelitian tersebut membahas tahapan pembuatan produk, ketelitian dimensi, kesesuaian ulir, dan waktu siklus produksi. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi acuan sederhana dalam pembuatan klem U batang baja pada skala bengkel atau industri kecil dengan proses yang efisien, mudah diterapkan, dan tetap memperhatikan mutu produk (Zulfikar et al., 2025; Gideon & Betesda, 2025).

2. KAJIAN TEORITIS

Pada manufaktur tersebut, teori yang digunakan berkaitan dengan manufaktur klem U batang baja, karakteristik baja ASTM A36, pembengkokan, fenomena *springback*, sambungan berulir, dan kapasitas produksi. Seluruh teori tersebut diperlukan karena pembuatan klem U batang baja tidak hanya berhubungan dengan bentuk akhir produk, tetapi juga dipengaruhi oleh pemilihan bahan, metode pembentukan, ketelitian dimensi, mutu ulir, dan waktu proses produksi. Penggunaan klem U batang baja sebagai konektor mekanis juga ditemukan pada struktur tulangan. Vahedi et al. (2023) menyatakan bahwa konektor mekanis klem U batang baja dapat meningkatkan stabilitas dan kekuatan rangka tulangan dibandingkan sambungan kawat ikat biasa. Hal tersebut memperkuat bahwa klem U batang baja memiliki fungsi penting sebagai komponen pengikat pada berbagai aplikasi teknik (Achmaddillah et al., 2026).

Selain mempertimbangkan kemampuan bentuk, baja ASTM A36 juga perlu diperhatikan dari aspek ketahanan permukaan. Hamdani & Marthiana (2024) menjelaskan bahwa baja ASTM A36 sebagai baja karbon rendah dapat mengalami korosi pada lingkungan air laut, terutama ketika temperatur dan waktu perendaman meningkat. Hal tersebut menunjukkan bahwa proses *finishing* atau perlindungan permukaan tetap diperlukan bila klem U batang baja digunakan pada lingkungan lembap atau korosif. Klem U batang baja merupakan satu di antara komponen pengikat yang memiliki bentuk menyerupai huruf U dan dilengkapi ulir pada kedua ujungnya. Komponen tersebut banyak digunakan untuk menjepit pipa, poros, rangka, maupun bagian berbentuk silinder lainnya. Prinsip kerja klem U batang baja adalah memberikan gaya jepit melalui pengencangan mur pada kedua ujung ulir, sehingga pipa atau

benda kerja dapat tertahan pada posisi yang diinginkan. Zhao et al. (2023) menyatakan bahwa kegagalan *loosening* pada sambungan baut sering terjadi pada lingkungan yang mengalami getaran dan dapat menurunkan gaya jepit sambungan. Hal tersebut menunjukkan bahwa klem U batang baja sebagai komponen pengikat perlu memiliki ulir dan mur yang bekerja dengan baik agar gaya penjepitan tetap stabil selama digunakan. Hal tersebut menegaskan bahwa efektivitas klem U batang baja sangat bergantung pada mutu interaksi antara ulir dan mur. Tanpa mekanisme penguncian yang optimal, getaran di lingkungan kerja klem U dapat memicu kelonggaran yang merusak kestabilan struktur mekanis secara keseluruhan. Selain hal tersebut, Chun et al. (2024) menyatakan bahwa klem U batang baja memiliki peran penting pada sistem penyangga pipa di bidang perkapalan dan *offshore* karena beban dari pipa akan diteruskan menuju struktur penyangga melalui komponen pengikat tersebut.

Bahan yang digunakan dalam penelitian tersebut adalah baja ASTM A36. Baja ASTM A36 termasuk baja karbon rendah yang banyak digunakan dalam pekerjaan konstruksi dan manufaktur karena memiliki sifat mudah dibentuk, mudah dilas, dan memiliki kekuatan mekanik yang cukup untuk aplikasi struktural ringan sampai menengah. Pada proses pembuatan klem U batang baja, sifat mampu bentuk menjadi penting karena batang baja harus mengalami deformasi plastis pada saat pembengkokan. bila bahan tidak memiliki keuletan yang cukup, bagian lengkung dapat mengalami retak atau cacat bentuk. Faza & Faridzi (2024) menyatakan bahwa baja ASTM A36 memiliki ketahanan yang baik terhadap beban tarik dan beban lentur, sehingga dapat digunakan pada komponen teknik yang memerlukan kombinasi antara kekuatan dan keuletan. Dalam penelitian Liu & Phares (2019), baja A36 juga digunakan sebagai bahan klem U dengan nilai kekuatan luluh 248 MPa dan kekuatan tarik 448 MPa, sehingga bahan tersebut relevan untuk digunakan sebagai bahan pembuatan klem U batang baja. Sifat mekanik bahan menjadi dasar penting dalam proses pemilihan bahan. Hadi (2016) menjelaskan bahwa pembahasan teknologi bahan mencakup sifat mekanik logam untuk uji tarik, uji tekan, uji lentur, uji geser, uji puntir, uji keras, dan uji lelah yang digunakan untuk memahami kemampuan bahan saat menerima beban.

Proses utama dalam pembuatan klem U batang baja adalah pembengkokan yang merupakan pembentukan logam dengan cara memberikan gaya tekan hingga bahan mengalami perubahan bentuk sesuai radius atau sudut tertentu. Pada pembuatan klem U batang baja, proses tersebut dilakukan untuk mengubah batang baja lurus menjadi bentuk U sesuai ukuran pipa yang akan dijepit. Mutu hasil pembengkokan sangat bergantung pada ketepatan ukuran bahan awal, posisi benda kerja, radius pembentukan, dan ketelitian alat bantu yang digunakan. Rachman et al., (2022) menjelaskan bahwa mutu ukuran pada proses penekukan dipengaruhi

oleh jenis bahan, teknik pengukuran, pengaturan alat, dan penggunaan alat ukur. Oleh karenanya, pembengkokan pada pembuatan klem U batang baja perlu dilakukan dengan bantuan *jig* atau alat pembentuk agar radius lengkung, lebar bukaan, dan kesimetrisan kaki dapat terjaga. Penggunaan alat bantu pembentuk diperlukan agar hasil produk lebih konsisten. Hadi et al. (2025) menjelaskan bahwa alat bantu pembentukan dapat digunakan untuk membantu proses pembengkokan bahan, sehingga bentuk produk menjadi lebih seragam dan efisien. Prinsip tersebut sejalan dengan penggunaan *jig bending* pada pembuatan klem U batang baja agar bentuk lengkung dan posisi kaki lebih terkendali .

Pada pembengkokan, bahan tidak sepenuhnya mengikuti bentuk cetakan setelah gaya pembentuk dilepas. Kondisi tersebut disebut *spring back*, yaitu kecenderungan bahan untuk kembali sebagian ke bentuk semula akibat sifat elastis yang masih dimiliki bahan. Dalam pembuatan klem U batang baja, *spring back* dapat menyebabkan lebar bukaan klem menjadi lebih besar dari ukuran desain. Akibatnya, klem U dapat menjadi kurang presisi saat dipasang pada pipa. Nur et al. (2019) menyatakan bahwa besarnya *spring back* dipengaruhi oleh parameter proses untuk sudut *punch*, radius *punch*, dan ketebalan bahan. Sementara itu, Hikari et al. (2026) menjelaskan bahwa *spring back* menjadi satu di antara tantangan dalam proses pembentukan logam karena dapat menimbulkan penyimpangan bentuk dari desain awal. Oleh karenanya, dalam proses pembuatan klem U batang baja diperlukan pengaturan radius dan kompensasi bentuk agar dimensi akhir tetap mendekati ukuran yang didesain. Pada proses pembentukan, cacat permukaan juga perlu diperhatikan karena dapat memengaruhi mutu produk akhir. Nugroho & Hidayat (2016) menyatakan bahwa proses pembengkokan dapat dianalisis berdasarkan perubahan bentuk dan potensi cacat permukaan, sehingga pemeriksaan visual setelah pembengkokan diperlukan untuk memastikan produk tidak mengalami retak atau kerusakan. Kajian lain mengenai *spring back* juga menunjukkan bahwa perubahan sudut setelah pembebanan dilepas dapat dipengaruhi oleh variasi ketebalan dan sudut tekuk.

Selain pembengkokan, bagian ulir pada kedua ujung klem U batang baja juga memiliki peran penting karena berfungsi sebagai tempat pemasangan mur. Pada penelitian tersebut digunakan ulir M10, yaitu ulir metrik dengan diameter nominal 10 mm. Ulir tersebut harus dibuat dengan baik agar mur dapat dipasang secara lancar dan gaya jepit dapat bekerja secara merata. Jika ulir tidak lurus, terlalu kasar, atau tidak sesuai dengan pasangan mur, maka klem akan sulit dipasang dan fungsi penjepitannya menjadi kurang optimal. Saber & Chouikhi (2023) menjelaskan bahwa hubungan antara torsi pengencangan, gaya jepit, dan gesekan pada ulir merupakan faktor penting dalam sambungan baut karena dapat memengaruhi keselamatan sambungan. Oleh karenanya, proses pembuatan ulir M10 pada klem U batang baja harus

memperhatikan ketelitian diameter, *pitch*, dan kecocokan dengan mur standar. Pada sambungan baut, kondisi kontak antar komponen juga berpengaruh terhadap kekuatan sambungan. Grzejda (2021) menjelaskan bahwa pemodelan sambungan baut perlu memperhatikan fenomena nonlinier pada daerah kontak, kondisi *preload*, dan gaya luar yang bekerja pada sambungan. Hal tersebut menunjukkan bahwa mutu pemasangan dan pengencangan mur pada klem U batang baja ikut memengaruhi keandalan sambungan. Kekuatan baut juga dapat dilihat dari kemampuan menahan beban lentur. Herawati et al. (2017) membahas karakteristik kekuatan leleh lentur baut besi dengan beberapa variasi diameter baut, sehingga ukuran diameter dan sifat bahan menjadi faktor penting dalam kemampuan baut menerima beban.

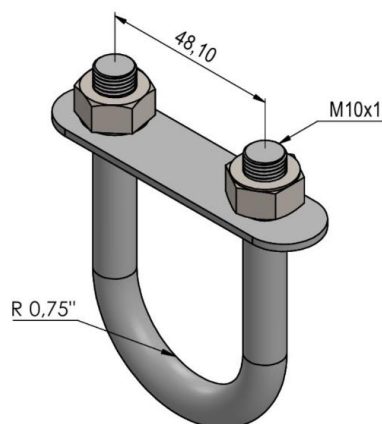
Mutu manufaktur juga berhubungan dengan kemungkinan terjadinya kegagalan pada klem U batang baja. Kegagalan dapat disebabkan oleh kesalahan dimensi, cacat permukaan, mutu bahan yang rendah, atau beban kerja yang berulang. Pada komponen berbentuk U, bagian lengkung dan bagian ulir menjadi daerah yang perlu diperhatikan karena menerima deformasi, gaya jepit, dan konsentrasi tegangan. Yang et al. (2021) menjelaskan bahwa kegagalan baut dapat terjadi melalui dua mekanisme utama, yaitu *loosening* dan *fatigue*. Kegagalan tersebut dipengaruhi oleh beban kerja dan *preload*, sehingga gaya pengencangan pada sambungan berulir perlu diperhatikan agar sambungan tetap selamat saat menerima beban berulang.

Kapasitas produksi merupakan kemampuan suatu proses dalam menghasilkan produk dalam satuan waktu tertentu. Dalam penelitian tersebut, kapasitas produksi yang ditargetkan adalah 5 unit/jam. Target tersebut berarti waktu rata-rata pembuatan satu unit klem U batang baja adalah 12 menit. Waktu tersebut mencakup tahapan pemotongan bahan, pembengkokan, pembuatan ulir, *finishing*, dan inspeksi akhir. Kapasitas produksi dipengaruhi oleh keteraturan alur kerja, durasi setiap proses, kesiapan alat, dan kemampuan operator dalam menjalankan tahapan pembuatan. Oleh karenanya, waktu pada setiap proses perlu diperhatikan agar seluruh tahapan produksi dapat berjalan stabil dan target pembuatan 5 unit/jam dapat tercapai. Berdasarkan teori-teori tersebut, pembuatan klem U batang baja berbahan baja ASTM A36 perlu memperhatikan hubungan antara bahan, proses pembentukan, mutu ulir, dan efisiensi waktu produksi. Bahan yang mudah dibentuk akan membantu pembengkokan, tetapi tetap memerlukan pengendalian terhadap *spring back* agar dimensi akhir sesuai desain. Ulir M10 harus dibuat dengan baik agar klem U batang baja dapat berfungsi sebagai penjepit pipa, sedangkan kapasitas produksi perlu dihitung berdasarkan waktu siklus setiap tahapan proses. Dengan demikian, kajian teoritis tersebut menjadi dasar dalam manufaktur klem U batang baja untuk pipa 1,5" dengan target kapasitas 5 unit/jam.

3. METODE PEMBUATAN

Pembuatan klem U batang baja dilakukan melalui beberapa tahapan kerja yang disusun secara berurutan, mulai dari persiapan bahan, pemotongan bahan, pembentukan, pembuatan ulir, perapian permukaan, hingga pemeriksaan akhir produk. Setiap tahapan dilakukan untuk memperoleh bentuk klem U batang baja yang sesuai dengan desain, baik dari segi ukuran, bentuk lengkung, kesimetrisan kaki, maupun kecocokan ulir. Selainhal tersebut, waktu pengerjaan pada setiap proses juga dicatat untuk mengetahui kemampuan produksi dalam mencapai target 5 unit/jam. Bahan utama yang digunakan dalam pembuatan produk tersebut adalah baja ASTM A36 berbentuk batang pejal. Baja ASTM A36 dipilih karena memiliki sifat mampu bentuk yang baik, mudah dikerjakan, dan sesuai digunakan untuk komponen pengikat sederhana untuk klem U batang baja.

Produk yang dibuat memiliki spesifikasi berupa klem U batang baja dengan panjang total 15 cm, ukuran ulir M10, dan digunakan untuk pipa berukuran 1,5". Spesifikasi tersebut menjadi acuan dalam proses pembuatan dan pemeriksaan hasil akhir produk. Peralatan yang digunakan dalam proses pembuatan klem U batang baja meliputi mesin potong atau gerinda potong, *jig bending*, sney ulir M10, ragum, mistar sorong, penggaris baja, kikir, amplas, dan mur standar M10. Mesin potong digunakan untuk memotong batang baja sesuai ukuran bahan awal. *Jig bending* digunakan untuk membentuk batang baja menjadi bentuk U agar sesuai dengan ukuran pipa. Sney ulir M10 digunakan untuk membuat ulir luar pada kedua ujung batang, sedangkan ragum digunakan untuk menjepit benda kerja agar tetap stabil selama proses pembuatan ulir. Mistar sorong dan penggaris baja digunakan untuk mengukur dimensi produk, sedangkan mur standar M10 digunakan untuk memeriksa kecocokan hasil ulir.



Gambar 1. Desain Klem U Batang Baja.

Tahap pertama pembuatan klem U batang baja dengan desain sebagaimana Gambar 1 adalah pemotongan bahan batang baja ASTM A36 dipotong sesuai panjang bahan awal yang telah ditentukan. Panjang pemotongan memperhitungkan panjang total produk, bagian lengkung, dan panjang ulir pada kedua ujung klem. Setelah proses pemotongan selesai, bagian ujung batang diperiksa dan dirapikan agar tidak terdapat permukaan tajam atau tidak rata yang dapat mengganggu proses berikutnya.

Tahap selanjutnya adalah pembengkokan. Batang baja yang telah dipotong ditempatkan pada *jig bending*, kemudian dibentuk hingga menyerupai huruf U. Proses tersebut dilakukan dengan memperhatikan posisi batang agar kedua kaki klem memiliki panjang yang relatif sama. Setelah pembengkokan selesai, bentuk klem diperiksa untuk melihat lebar bukaan, radius lengkung, dan kesimetrisan kaki. Bila terjadi penyimpangan bentuk akibat *springback*, maka dilakukan penyesuaian ulang agar bentuk akhir mendekati ukuran desain.

Setelah bentuk U diperoleh, kedua ujung batang dibuat ulir luar M10 menggunakan sney ulir. Benda kerja dijepit menggunakan ragum agar posisinya tetap stabil selama proses pembuatan ulir. Sney diputar secara bertahap hingga terbentuk ulir dengan panjang yang sesuai. Pada proses tersebut dapat digunakan pelumas untuk mengurangi gesekan dan membantu menghasilkan permukaan ulir yang lebih rapi. Setelah ulir selesai dibuat, mur standar M10 dipasang pada kedua ujung klem U batang bajantuk memeriksa kelancaran dan kesesuaian ulir.

Tahap akhir adalah proses *finishing* dan pemeriksaan produk dengan membersihkan sisa geram, merapikan permukaan, dan menghilangkan bagian tajam pada area potongan dan ujung ulir. Pemeriksaan akhir dilakukan terhadap panjang total produk, lebar bukaan klem, kesimetrisan kaki, panjang ulir, kecocokan mur M10, dan kesesuaian bentuk terhadap pipa 1,5". Produk dinyatakan sesuai bila ukuran dan fungsi pemasangannya telah memenuhi desain. Diagram alir (*flow chart*) manufaktur klem U batang baja sebagaimana Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Manufaktur Klem U Batang Baja.

Parameter yang diamati pada proses pembuatan klem U batang baja meliputi panjang total, lebar bukaan, kesimetrisan kaki klem, panjang ulir, kecocokan mur M10, dan waktu proses produksi. Pengukuran dimensi dilakukan menggunakan mistar sorong dan penggaris baja, sedangkan pemeriksaan ulir dilakukan dengan memasang mur M10 secara langsung pada kedua ujung klem. Waktu proses dicatat mulai dari pemotongan bahan, pembengkokan, pembuatan ulir, *finishing*, hingga pemeriksaan akhir.

Kapasitas produksi dihitung berdasarkan waktu siklus pembuatan satu unit klem U batang baja. Waktu siklus merupakan jumlah waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan seluruh tahapan pembuatan satu produk. Perhitungan kapasitas produksi dilakukan menggunakan rumus (1).

$$\text{Kapasitas Produksi} = 60 / \text{Waktu Siklus}$$

Enam puluh, 60: jumlah menit dalam satu jam, dan waktu siklus: waktu rerata pembeuatan satu unit produk dalam satu menit.

Bila waktu siklus pembuatan satu unit klem U batang baja adalah 12 menit, maka Kapasitas Produksi = $60 / 12 = 5$ unit/jam.

Dari sisi perencanaan produksi, pengurangan waktu proses dapat dilakukan dengan memperbaiki aliran kerja dan mengurangi aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah. Dari

sisi perencanaan produksi, efisiensi proses dapat ditingkatkan dengan mengurangi waktu tunggu, memperbaiki urutan kerja, dan meminimalkan aktivitas yang tidak diperlukan. Dengan alur kerja yang lebih teratur, proses pembuatan klem U batang baja dapat berjalan lebih cepat, penggunaan alat menjadi lebih efektif, dan target kapasitas produksi 5 unit/jam lebih mudah dicapai. Dengan demikian, target kapasitas produksi tersebut dapat tercapai bila waktu rerata pembuatan satu unit produk tidak melebihi 12 menit. Data hasil pembuatan kemudian dibandingkan dengan spesifikasi desain awal untuk mengetahui kesesuaian produk. Perbandingan dilakukan pada ukuran panjang total, lebar bukaan, kesimetrisan kaki, panjang ulir, kecocokan mur M10, dan waktu produksi. Hasil perbandingan tersebut digunakan untuk menilai keberhasilan proses manufaktur klem U batang baja dari segi ketepatan dimensi dan pencapaian kapasitas produksi.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Manufaktur dilakukan berdasarkan spesifikasi produk, tahapan proses pembuatan, pemilihan bahan, pembengkokan, pembuatan ulir, dan perhitungan kapasitas produksi. Produk didesain memiliki panjang total 15 cm dengan bentuk huruf U dan kedua ujungnya dibuat ulir M10 sepanjang 20 mm sebagai tempat pemasangan mur penahan pelat klem. Bentuk tersebut dipilih karena klem U batang baja umum digunakan sebagai komponen penjepit pipa atau batang silinder pada berbagai konstruksi sederhana.

Berdasarkan fungsi penggunaannya, klem U batang baja harus memiliki bentuk lengkung yang sesuai dengan diameter pipa, kedua kaki yang simetris, dan ulir yang dapat dipasangkan dengan mur standar. Selain hal tersebut, Chun et al. (2024) menyatakan bahwa klem U batang baja berfungsi sebagai bagian dari sistem penyangga pipa pada bidang perkapalan dan *offshore*, karena beban dari pipa diteruskan menuju struktur penyangga melalui komponen pengikat tersebut.

Spesifikasi desain klem U batang baja dengan ulir M10 sebagaimana Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Desain Klem U Batang Baja dengan Ulir M10.

Parameter	Spesifikasi
Jenis produk	Klem U batang baja/ <i>U-bolt</i>
Bahan	Baja ASTM A36, ϕ 10 mm
Panjang total	15 cm
Ukuran ulir	M10, panjang 20 mm
Aplikasi	Pipa 1,5"
Target kapasitas	5 unit/jam

Berdasarkan Tabel 1, bahan yang digunakan adalah baja ASTM A36 yang mana pemilihan bahan tersebut didasarkan pada karakteristik baja karbon rendah yang mudah dibentuk dan umum digunakan pada pekerjaan manufaktur maupun konstruksi ringan. Pada pembuatan klem U batang baja, bahan harus mampu mengalami deformasi plastis saat pembengkokan tanpa mudah mengalami retak pada bagian bengkokn. Faza & Faridzi (2024) menyatakan bahwa baja ASTM A36 memiliki ketahanan yang baik terhadap beban tarik dan beban lenyur, sehingga bahan tersebut sesuai digunakan pada komponen yang memerlukan kombinasi kekuatan dan keuletan. Dalam penelitian Liu & Phares (2019), baja A36 juga digunakan sebagai bahan klem U batang baja dengan nilai nilai kekuatan luluh 248 MPa dan kekuatan tarik 448 MPa, sehingga bahan tersebut relevan untuk aplikasi sambungan klem U batang baja.

Tahapan proses manufaktur yang didesain meliputi pemotongan bahan, pembengkokan, pembuatan ulir, *finishing*, dan inspeksi akhir. Pemotongan bahan dilakukan untuk memperoleh panjang bahan awal sesuai kebutuhan bentuk klem U batang baja. Setelah hal tersebut, pembengkokan dilakukan untuk membentuk batang baja menjadi bentuk U. Proses tersebut menjadi tahapan penting karena menentukan lebar bukaan, radius lengkung, dan kesimetrisan kaki klem. Rachman et al. (2022) menjelaskan bahwa mutu ukuran pada proses penekukan dipengaruhi oleh jenis bahan, teknik pengukuran, pengaturan alat, dan penggunaan alat ukur. Oleh karenanya, penggunaan *jig bending* diperlukan agar bentuk klem lebih seragam dan sesuai desain.

Pada pembengkokan, satu di antara hal yang perlu diperhatikan adalah kemungkinan terjadinya *spring back* yang merupakan kecenderungan bahan untuk kembali sebagian ke bentuk awal setelah gaya pembentukan dilepas. Kondisi tersebut dapat menyebabkan lebar bukaan klem U batang baja menjadi tidak sesuai dengan ukuran pipa yang didesain. Nur et al. (2019) menyatakan bahwa *spring back* dipengaruhi oleh sudut *punch*, radius *punch*, dan ketebalan bahan pada pembengkokan. Hikari et al. (2026) juga menyebutkan bahwa *spring back* menjadi tantangan dalam proses pembentukan logam karena dapat menimbulkan penyimpangan bentuk dari desain awal . Dengan demikian, pada pembuatan klem U batang baja perlu diberikan kompensasi bentuk atau pengecekan ulang setelah pembengkokan agar dimensi akhir tetap mendekati desain.

Setelah pembentukan, kedua ujung batang didesain dibuat ulir luar M10 menggunakan snei ulir. Ulir M10 berfungsi sebagai pasangan mur, sehingga klem U batang baja dapat memberikan gaya jepit pada pipa. Mutu ulir perlu diperhatikan karena ulir yang tidak lurus, terlalu kasar, atau tidak sesuai dengan mur dapat mengganggu proses pemasangan. Saber &

Chouikhi (2023) menjelaskan bahwa sambungan berulir dipengaruhi oleh hubungan antara torsi pengencangan, gaya jepit, dan gesekan pada permukaan ulir. Oleh karenanya, pemeriksaan kecocokan mur M10 menjadi bagian penting dalam inspeksi akhir produk.

Pelapisan Seng dapat digunakan sebagai perlindungan permukaan agar klem U batang baja lebih tahan terhadap korosi. Kayadoe dan Filindity (2020) menyatakan bahwa baja karbon rendah yang dilapisi Seng memiliki ketahanan korosi lebih baik dibandingkan dengan baja tanpa pelapis, karena Seng dapat membentuk lapisan pelindung pada permukaan baja. Hal tersebut sesuai dengan kebutuhan klem U batang baja yang berpotensi digunakan pada lingkungan lembap, sehingga perlindungan permukaan diperlukan agar produk lebih awet dan tidak mudah berkarat.

Perencanaan waktu proses dilakukan untuk mengetahui kemungkinan tercapainya kapasitas produksi 5 unit/jam. Target tersebut berarti satu unit klem U batang baja harus dapat diselesaikan dalam waktu 12 menit.

Kapasitas produksi dihitung berdasarkan waktu siklus pembuatan satu unit produk dengan Rumus (1).

$$\mathbf{Kapasitas\ produksi = 60/Waktu\ Siklus.....I}$$

Dengan waktu siklus 12 menit/unit, maka kapasitas produksi yang diperoleh adalah: Kapasitas produksi = $60/12 = 5$ unit/jam. Hasil perhitungan tersebut menunjukkan bahwa target kapasitas 5 unit/jam dapat tercapai, bila seluruh tahapan proses berjalan sesuai estimasi waktu, namun karena perhitungan tersebut masih berbasis perencanaan, hasil tersebut perlu dibuktikan melalui proses praktik langsung atau pengujian produksi. Faktor untuk keterampilan operator, kondisi alat, ketepatan *jig bending*, dan kelancaran pembuatan ulir dapat menyebabkan waktu aktual berbeda dari estimasi.

Secara keseluruhan, desain proses manufaktur klem U batang baja ASTM A36 M10 untuk pipa 1,5" dapat dilakukan melalui tahapan sederhana yang sesuai untuk skala bengkel atau industri kecil. Bahan ASTM A36 memiliki karakteristik yang mendukung proses pembentukan, sedangkan penggunaan *jig bending* diperlukan untuk menjaga keseragaman bentuk. Bagian yang paling perlu diperhatikan adalah pembengkokan karena berpengaruh terhadap radius lengkung, lebar bukaan, dan kemungkinan *spring back*. Selain hal tersebut, pembuatan ulir M10 juga harus dilakukan dengan teliti agar mur dapat dipasang dengan baik dan klem U batang baja dapat berfungsi sebagai penjepit pipa.

Estimasi biaya dan waktu manufaktur klem U batang baja sebagaimana Tabel 2.

Tabel 2. Estimasi Biaya dan Waktu Manufaktur Klem U Batang Baja.

No.	Tahapan Proses	Biaya Produksi (Rp)	Durasi Proses (Menit)
1	Desain klem batang U sepanjang 15 cm untuk pipa 1,5" dengan ulir baut M10	1.000	1
2	Pemilihan bahan dari baja-ASTM A36	1.000	1
3	Pemotongan baja diameter 10 mm sepanjang 15 cm	1.000	1
4	Pembuatan ulir baut M10 pada kedua ujungnya sepanjang 20 mm	2.000	2
5	Pembengkokan klem U batang baja berjarak antar sumbu 48 mm	1.000	1
6	Pembuatan pelat penjepit berukuran panjang 75x25x2 mm dengan 2 buah lubang berdiameter 11 mm	3.000	3
7	Pelapisan Seng pada Klem U dan pelat penjepit dengan pencelupan ke dalam Seng cair pada 500°C selama 1 menit	1.000	1
8	Pemasangan 2 buah mur M10	1.000	1
9	Pemeriksaan mutu dan dimensi	1.000	1
	Jumlah	12.000	12
	Pajak 10%	1.200	
	Laba 15%	1.800	
	Total/Harga jual/unit	15.000	

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil manufaktur klem U batang baja-ASTM A36, panjang 15 cm untuk pipa 1,5" dengan ulir baut M10 sepanjang 20 mm, total biaya produksi Rp 11.000,-/unit, dan durasi proses 12 menit/unit yang berimplikasi bahwa klem U batang baja cukup kuat untuk penyangga pipa berisi air dengan jarak pemasangan tiap 1 m dan tahan karat dengan galvanis. Saran tindak lanjut dari simpulan adalah perlu dilakukan pengujian kekuatan jepit, uji tarik, atau uji beban pada klem U batang baja untuk mengetahui kemampuan kerja produk secara lebih jelas, dan pengembangan alat pembengkokan semi otomatis juga dapat dipertimbangkan agar pembentukan lebih cepat, bentuk produk lebih konsisten, dan kapasitas produksi dapat ditingkatkan.

DAFTAR REFERENSI

- Achmaddillah, D. A. P., Hadi, S., Nursyifa, K. A., Nugroho, A. S., Fahrezi, M. H. R., & Maulana, G. A. F. (2026). Analisis hasil uji tarik baja karbon penampang silindris dan segiempat. *Konstruksi: Publikasi Ilmu Teknik, Perencanaan Tata Ruang dan Teknik Sipil*, 4(1), 11–19. <https://doi.org/10.61132/konstruksi.v4i1.1285>
- Arjunan, R., & Murugan, G. (2025). Analysis of failure of bolt loosening and fatigue. *International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET)*, 13(2), 779–783. <https://doi.org/10.22214/ijraset.2025.66977>

- Chun, M., Kim, J., Kim, K., Jeong, D., Lee, D., Wi, S., Kim, B., Kim, C., & Shim, C. (2024). A fundamental study on structural strength assessment of U-bolts for expanded application to shipbuilding and offshore piping systems. *International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering*, 16, 100561. <https://doi.org/10.1016/j.ijnaoe.2023.100561>
- Faza, A., & Faridzi, A. (2024). Ketahanan baja ASTM A36 terhadap pengujian SMAW dan metalografi. *Jurnal Rekayasa Sistem Engineering dan Manufaktur*, 2(2), 109–118. <https://doi.org/10.30651/resem.v2i2.21911>
- Gideon, S., & Betesda, Y. C. (2025). Evaluasi kuantitatif serta analisis kerugian mayor dan minor pada sistem perpipaan NaOH 29–31% di Chlor Alkali Plant PT X, Porsea. *Jupiter: Publikasi Ilmu Keteknikan Industri, Teknik Elektro dan Informatika*, 3(4), 110–120. <https://doi.org/10.61132/jupiter.v3i4.952>
- Grzejda, R. (2021). Finite element modeling of the contact of elements preloaded with a bolt and externally loaded with any force. *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 393, 113534. <https://doi.org/10.1016/j.cam.2021.113534>
- Hadi, S. (2016). *Teknologi bahan*. Andi Publisher.
- Hadi, S., Irawan, B., Purwoko, P., Buwono, H. P., Murdani, A., & Zainuri, A. M. (2023). Desain pagar berduri fleksibel pembatas area berpondasi beton, pipa galvanis dan klem-U. *Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat*, 13(1), 60–69. <https://doi.org/10.30999/jpkm.v13i1.2458>
- Hadi, S., Muzaki, M., Murdani, A., & Aida, F. (2025). Desain dan pembuatan perangkat pembentuk penggantung pakaian bentuk S bersudut 90°. *Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat*, 12(2), 214–220. <https://doi.org/10.33795/abdimas.v12i2.9112>
- Hamdani, Y., & Marthiana, W. (2024). Analisis laju korosi pada baja ASTM A36 dengan variasi temperatur dan waktu perendaman dalam aliran air laut. *Teknosia*, 18(2), 72–78. <https://doi.org/10.33369/teknosia.v18i2.33425>
- Hendri, D., Irwansyah, I., Susanto, H., & Ali, S. (2024). Analisa kegagalan baut pengikat pelat trunnion linner pada unit cement mill 1 di PT. X. *Jurnal Mekanova*, 10(1), 253–261.
- Herawati, E., Sadiyo, S., Nugroho, N., Karlinsari, L., & Yoresta, F. S. (2017). Karakteristik kekuatan leleh lentur baut besi dengan beberapa variasi baut. *Jurnal Teoritis dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil*, 24(3), 217–222. <https://doi.org/10.5614/jts.2017.24.3.4>
- Hikari, A. F. S., Faraby, A. W. A., Mauldani, R., Zulfikar, M., Permata, E., & Hastuti, S. (2026). Kajian literatur: Springback pada proses bending logam tipis. *Global Research and Innovation Journal (GREAT)*, 2(1), 58–63.
- Kayadoe, V., & Filindity, Y. T. (2020). Kondisi optimum elektroplating baja karbon rendah menggunakan logam seng (Zn). *Jurnal Manumata dan Sains*, 2(1), 44–54. <https://doi.org/10.30598/jmsvol2issue1pp44-54>
- Kurniawan, M. D., Hadi, S., Rangga, M., Firmansyah, F. Y., & Yoga, M. (2025). Perencanaan penggantian komponen mobil penumpang muatan 15 orang periode 2026. *Venus: Jurnal Publikasi Rumpun Ilmu Teknik*, 3(6), 293–302. <https://doi.org/10.61132/venus.v3i6.1268>
- Liu, Z., & Phares, B. M. (2020). Determination of U-bolt connection load capacities in overhead sign support structures. *Journal of Constructional Steel Research*, 170, 106096. <https://doi.org/10.1016/j.jcsr.2020.106096>

- Nugroho, C. B., & Hidayat, R. (2016). Studi cacat permukaan plat aluminium pada proses pembengkokkan sudut mesin bending. *Jurnal Integrasi*, 8(2), 88–92.
- Nur, R., Suyuti, M. A., Reza, M., & Misbahuddin, B. (2019). Pengaruh sudut punch dan ketebalan pelat terhadap springback pada bending V. *Sinergi*, 17(1), 57–64. <https://doi.org/10.31963/sinergi.v17i1.1593>
- Patil, H., Kolhe, S. I., & Student, T. (2019). Experimental investigation of U bolt used in leaf spring of fan automobile for various loads. *International Journal of Trend in Scientific Research and Development*, 3(6), 465–469. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3588068>
- Rachman, R., Almahdi, A., & Yuhas, D. (2022). Kajian pengaruh jenis material terhadap kualitas ukuran pada proses penekukan pelat dengan metoda ANOVA. *Poli-Teknologi*, 20(3). <https://doi.org/10.32722/pt.v20i3.3826>
- Saber, M., & Chouikhi, H. (2023). Finite element analyses of bolted joints using different thread modelling techniques. *Tehnički Vjesnik*, 30(1), 178–184. <https://doi.org/10.17559/TV-20220504091929>
- Vahedi, M., Ebrahimian, H., & Itani, A. M. (2023). Full-scale testing and analytical modeling of rebar cages reinforced with mechanical U-bolt connectors. *Applied Sciences*, 13(14), Article 8113. <https://doi.org/10.3390/app13148113>
- Yang, G., Yang, L., Chen, J., Xiao, S., & Jiang, S. (2021). Competitive failure of bolt loosening and fatigue under different preloads. *Chinese Journal of Mechanical Engineering*, 34, 1–11. <https://doi.org/10.1186/s10033-021-00663-3>
- Zhao, P., Liu, J., Gao, H., & Xue, F. (2023). Study on tightening, anti-loosening, and fatigue resistance performances of bolted joints with different anti-loosening washers and nuts. *Applied Sciences*, 13(24), Article 13253. <https://doi.org/10.3390/app132413253>
- Zulfikar, M., Maryadi, M., Arifiansah, A., & Fahrudin, T. (2025). Analisa perbandingan hasil pengelasan GTAW dan SMAW pada pipa A36 dengan metode uji radiografi. *Venus: Jurnal Publikasi Rumpun Ilmu Teknik*, 3(4), 208–218. <https://doi.org/10.61132/venus.v3i4.1062>